Heinrich Rudolf Hertz

La sottodeterminazione delle teorie rispetto all'esperienza

"La mia Introduzione è finita. La maggior parte del manoscritto va oggi in tipografia; solo una piccola parte necessita di un'ultima revisione. Mi sono riservato il diritto di emendare il libro tra dodici anni." Così scrive in un appunto del 3 dicembre 1893 Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), il fisico tedesco celebre per aver dimostrato (1887) l'esistenza delle onde elettromagnetiche (dette *hertziane* dal suo nome) previste da James Clerk Maxwell (1831-1879) (e della grande sintesi operata dal geniale fisico scozzese ebbe a dire: "la teoria di Maxwell altro non è che il sistema delle equazioni di Maxwell"). Di lì a poco (1° gennaio 1894) doveva soccombere alla malattia che l'aveva colpito da tempo, lasciando incompiuta l'opera alla cui redazione si era dedicato dal 1890, *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt*. Nelle parole di Ernst Mach: "qui Hertz definisce concetti primari, come quelli di tempo, di spazio e di massa ed elimina quello di forza, allo scopo di introdurre nelle formule solo ciò che è realmente *osservabile*" Come noterà (1949) Albert Einstein, Hertz era disturbato dalla "divisione di energia in due tipi sostanzialmente diversi, energia cinetica ed energia potenziale", e la considerava talmente artificiosa da pensare che l'energia potenziale di qualsiasi sistema meccanico fosse dovuta ai "moti nascosti" di grandezze "ignorabili", cioè a variabili che nella funzione di Lagrange non sono presenti, mentre è presente la loro velocità. La loro eliminazione dalla lagrangiana produce un'"apparente energia" potenziale. Se questo si potesse dire di *qualsiasi* energia potenziale, tale concetto potrebbe essere *ridotto* a "moti nascosti", eliminando conseguentemente anche la nozione di forza che dipende da quella di energia.

Dunque, ritornando alle considerazioni di Mach, come nella meccanica newtoniana, anche per Hertz "masse libere si muovono di moto rettilineo uniforme. Ma egli ascrive ogni deviazione del moto di una massa dal moto rettilineo uniforme [...] non a una *forza*, ma a un *vincolo* rigido con altre masse", riprendendo un'intuizione di Carl Friedrich Gauss (1777-1855). Dove, però, "queste masse non sono percepibili, Hertz immagina

[appunto] *masse nascoste con moti nascosti*" Tuttavia, per quanto "bella", la "costruzione logica" hertziana è ben lungi dall'essere soddisfacente, anche se Mach è disposto a riconoscere che – là dove Hertz ammette che "svariate immagini sono possibili per gli stessi oggetti" e che un buon criterio per scegliere è privilegiare tra più immagini "di equivalente intelligibilità" quella che "accanto alle caratteristiche essenziali contiene il minor numero di relazioni superflue o vuote" – egli non fa altro che dar voce a un'esigenza che "coincide" con quella della "nostra economia"

Per Mach, che si parli di forze o di vincoli, come vogliono rispettivamente la tradizionale impostazione newtoniana e la via scelta invece da Hertz, "la dipendenza reale del moto delle masse per ogni conformazione istantanea del sistema è espressa da equazioni differenziali fra le coordinate delle masse", sicché se Hertz fosse coerente con la sua impostazione di fondo (quale, per esempio, traspare dal giudizio sulla teoria di Maxwell), dovrebbe convenire che "*il fatto essenziale* stabilito dall'esperienza è proprio l'esistenza di queste equazioni". Peraltro, "con la sincerità che egli era propria", lo stesso Hertz aveva riconosciuto il problema. Egli toccava sin dalle pagine introduttive dei *Principi* la questione che oggi conosciamo sotto la locuzione "sottodeterminazione teorica rispetto all'esperienza": "per quanto chiare possano essere le immagini che vogliamo formarci delle cose, esse non sono determinate univocamente dalla richiesta che le conseguenze delle immagini siano a loro volta le immagini delle conseguenze". E, come ha osservato Ian Hacking nel suo *Conoscere e sperimentare*, se i differenti modi di presentare la meccanica "funzionano bene, quale più in un punto quale più in un altro, [...] qual è allora la verità sul moto dei corpi? Hertz induce la generazione successiva dei positivisti, nella quale è incluso Pierre Duhem, a ritenere che non esista una verità in proposito – esistono soltanto migliori o peggiori sistemi di rappresentazioni"

Le pagine che seguono sono tratte da H.R. Hertz, *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammanhge dargestellt*, Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1894; tr. it. a cura di G. Gottardi, *I principi della meccanica presentata in connessione nuova*, La Goliardica Pavese, Pavia 1995, pp. 1-2.

Per approfondire: D. Baird et al. (a cura di), *Heinrich Hertz: Classical Physicist, Modern Philosopher*, Kluwer, Dordrecht 1998; G. Boniolo, *Metodo e rappresentazioni del mondo*, Bruno Mondadori, Milano 1999; S. D'Agostino, "Boltzmann and Hertz on the Bild-Conception of Physical Theory", in *History of Science*, 28 (1990), pp. 381-395; A. Fölsing, *Heinrich Hertz. Eine Biographie*, Hoffman und Campe, Hamburg 1977; I. Hacking, *Conoscere e sperimentare*, tr. it. Laterza, Roma-Bari 1987, pp. 169-172; C. Lanczos, *The Variatonal Principles of Mechanics*, University of Toronto Press, Toronto 1966[3], pp. 130-132.

Compito primario della nostra conoscenza consapevole della natura, e in un certo senso anche il più importante, è il metterci in grado di prevedere le esperienze future, onde poter regolare, in base a tale previsione, il nostro attuale comportamento. Come presupposto per la soluzione di questo compito della conoscenza utilizziamo in ogni caso le esperienze passate, acquisite da osservazioni casuali, oppure da esperimenti preordinati. Ma il metodo di cui sempre ci serviamo per la derivazione del futuro dal passato, e per il conseguimento della previsione da noi ambita, è il seguente: noi ci formiamo immagini interne, o simboli, degli oggetti esterni; e, precisamente, operando in maniera tale che le conseguenze, necessarie secondo ragione, delle immagini siano comunque, a loro volta, immagini delle conseguenze, necessarie secondo natura, degli oggetti rappresentati. Affinché tale richiesta risulti soddisfatta in generale, devono sussistere corrispondenze determinate tra la natura e il nostro intelletto. L'esperienza ci insegna che tale richiesta è soddisfatta; e, inoltre, che dette corrispondenze di fatto sussistono. Se ci è già riuscito di dedurre dall'esperienza accumulata immagini con la caratteristica richiesta, possiamo in breve tempo sviluppare, per mezzo di tali immagini, considerate come modelli, le conseguenze che precedentemente, nel mondo esterno, risultavano presentarsi in tempi più lunghi; ovvero, come conseguenze del nostro specifico intervento: siamo così in grado di anticipare i fatti e possiamo indirizzare le nostre decisioni presenti sulla base del discernimento ottenuto. Le immagini di cui parliamo sono le nostre rappresentazioni delle cose; esse si raccordano alle cose attraverso la sola, essenziale caratteristica di soddisfare alla suddetta richiesta; ma senza la necessità che, onde assolvere alla loro funzione, a esse si raccordino mediante una qualche ulteriore caratteristica. Di fatto, noi non sappiamo, né disponiamo di alcun metodo per giungere a sapere, se le nostre rappresentazioni delle cose si conformino a queste in qualche ulteriore modo, all'infuori di quest'unica, fondamentale relazione.

Per quanto chiare possano essere le immagini che vogliamo formarci delle cose, esse non sono determinate univocamente dalla richiesta che le conseguenze delle immagini siano a loro volta le immagini delle conseguenze. Svariate immagini sono possibili per gli stessi oggetti; e tali immagini possono differenziarsi secondo varie modalità. Fin d'ora abbiamo il dovere di denotare come inammis-

sibili quelle immagini che già recano in sé una contraddizione rispetto alle leggi del nostro pensiero; e, conseguentemente, richiediamo che tutte le nostre immagini siano logicamente ammissibili o, brevemente, ammissibili [*zulässig*]. Definiamo inoltre come non corrette immagini ammissibili le cui relazioni fondamentali contraddicano le relazioni cui obbediscono le cose esterne; qualora cioè non soddisfino alla nostra prima, fondamentale richiesta. In conformità a ciò, noi richiediamo in secondo luogo che le nostre immagini siano corrette [*richtig*]. Ma due immagini ammissibili e corrette degli stessi oggetti esterni possono ulteriormente differenziarsi per quanto concerne l'appropriatezza. Di due immagini dello stesso oggetto risulterà più appropriata [*zweckmässig*] quella che maggiormente rispecchia le relazioni fondamentali dell'oggetto; con ciò vogliamo intendere: quell'immagine che risulta maggiormente intelligibile. Di due immagini di equivalente intelligibilità risulterà maggiormente appropriata quella che, accanto alle caratteristiche essenziali, contiene il minor numero di relazioni superflue o vuote; ovvero, quella che risulta più semplice. Le relazioni vuote non si lasciano eliminare completamente, dal momento che esse coinvolgono le immagini in quanto tali, e invero in quanto immagini del nostro peculiare intelletto, dovendo quindi necessariamente risultare condeterminate dalle proprietà delle sue modalità di rappresentazione.

Abbiamo fin qui enumerato le richieste che noi apponiamo alle immagini; di tutt'altra natura sono le richieste che noi apponiamo a un'esposizione scientifica di tali immagini. Per quest'ultima, noi richiediamo che ci conduca in maniera chiara a discernere quali proprietà risultino attribuite alle immagini in ragione della richiesta di ammissibilità, quali in ragione della richiesta di correttezza e quali in ragione della richiesta di appropriatezza. Solo così possiamo acquisire la possibilità di modificare le nostre immagini al fine di migliorarle. Ciò che viene attribuito alle immagini in virtù della richiesta di appropriatezza è contenuto nelle notazioni, nelle definizioni, nelle abbreviazioni; in breve, in tutto ciò che ad arbitrio possiamo aggiungere o togliere. Ciò che la richiesta di correttezza attribuisce alle immagini è contenuto nell'evidenza empirica della quale ci siamo serviti per la costruzione delle immagini stesse. Ciò che si attribuisce alle immagini, ai fini della loro ammissibilità, è dovuto alle caratteristiche del nostro intellet-

to. In merito alla questione dell'ammissibilità o meno di un'immagine, è possibile decidere in maniera univoca in senso affermativo o negativo; e, invero, con validità extratemporale della nostra decisione. In merito alla questione della correttezza o meno di un'immagine è parimenti possibile decidere in maniera univoca in senso affermativo o negativo; ma solo in ragione dello stato della nostra esperienza presente, condizionatamente all'accettazione del riferimento a ulteriore e più matura esperienza. In merito alla questione dell'appropriatezza o meno di un'immagine non si dà generalmente alcuna decisione univoca, potendo sussistere una varietà di opinioni. Una determinata immagine può offrire vantaggi da un certo punto di vista, un'altra da un altro; e solo attraverso graduali controlli di molte immagini vengono infine individuate, nel corso del tempo, quelle più appropriate.

Questi sono i punti di vista in rapporto ai quali, mi sembra, si deve giudicare il valore delle teorie fisiche e il valore delle rappresentazioni delle teorie fisiche. A ogni modo, questi sono i punti di vista dai quali noi ora vogliamo considerare le rappresentazioni che si sono date dei principi della meccanica. Oltre a ciò, è certamente necessario spiegare esattamente, innanzi tutto, che cosa denotiamo con questo termine.

In senso stretto, si concepiva originariamente in meccanica come "principio" ogni affermazione che non veniva a sua volta ricondotta ad altre proposizioni della meccanica, volendosi piuttosto riguardarla come risultato immediato di altre fonti della conoscenza. Nel corso dello sviluppo storico, non si poté evitare che proposizioni che un tempo, sotto particolari ipotesi, risultavano correttamente indicate come principi, mantenessero successivamente, senza più ragione, tale denominazione. Dei tempi di Lagrange è l'osservazione, spesso rimarcata, che il principio del baricentro e quello delle aree non sono fondamentalmente altro che teoremi di natura generale. Si può però osservare, con uguale ragione, come altri cosiddetti principi, reciprocamente non indipendenti, possano rispondere a tale denominazione, dovendo invece ciascuno di essi discendere al rango di conseguenza, o di teorema, non appena la rappresentazione della meccanica venga fondata su uno o più dei rimanenti. Ne segue la definizione non puntuale del concetto di "principio della meccanica". Per questo, non vogliamo lasciare a tali proposizioni la denominazione cor-

rente in sede di riferimento individuale; quando parliamo in senso generale e semplicemente di "principi della meccanica", non vogliamo intendere tali singole, concrete proposizioni, bensì qualsiasi proposizione scelta tra quelle, ovvero tra altre a esse similari, che soddisfano alla condizione di pura deducibilità dell'intera meccanica sulla relativa base, senza ulteriore richiamo all'esperienza. Con tale modalità di designazione i concetti fondamentali della meccanica, unitamente ai principi che li connettono tra loro, rappresentano l'immagine più semplice che la fisica sia in grado di produrre delle cose del mondo sensibile e dei relativi fenomeni. E poiché possiamo produrre varie rappresentazioni dei principi della meccanica, per scelta differente delle proposizioni che poniamo a suo fondamento, otteniamo così differenti immagini consimili delle cose; immagini che possiamo mettere alla prova, comparandole mutuamente in merito alla loro ammissibilità, alla loro correttezza e alla loro appropriatezza.